



UNIVERSIDAD
PRIVADA
DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA

CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL

“CONTAMINACIÓN EN SUELO Y FLORA POR METALES PESADOS EN LA ZONA DE RELAVERAS DE LA EX MINA PAREDONES – SAN PABLO”

Tesis para optar el título profesional de:

INGENIERO AMBIENTAL

Autores:

Nelson Yefferson Díaz Zamora
Hans Bryan Medina Burga

Asesor:

MCs. Ing. Gladys Sandi Licapa Redolfo

Cajamarca – Perú
2017

ÍNDICE DE CONTENIDOS

APROBACIÓN DE LA TESIS	2
DEDICATORIA	3
AGRADECIMIENTO	4
ÍNDICE DE CONTENIDOS.....	5
ÍNDICE DE TABLAS.....	9
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	11
ÍNDICE DE FOTOS	13
RESUMEN.....	14
ABSTRACT	15
CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN	16
1.1. Realidad problemática	16
1.2. Formulación del problema.....	17
1.3. Justificación	17
1.4. Limitaciones.....	18
1.5. Objetivos.....	18
1.5.1. Objetivo General.....	18
1.5.2. Objetivos Específicos	18
CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO	19
2.1. Antecedentes	19
2.2. Bases teóricas	20
2.2.1. El Suelo.....	20
2.2.2. Importancia del suelo.....	21
2.2.3. Clasificación de suelos	22
2.2.4. Tipos de suelos	25
2.2.5. Textura y porosidad del suelo.....	26
2.2.6. Erosión de los suelos.....	26
2.2.7. Contaminación	26
2.2.8. Contaminación de suelos	27
2.2.9. Contaminación en la Industria Minera.....	28

2.2.10. Pasivos Ambientales	30
2.2.11. Tipos de pasivos ambientales mineros	31
2.2.12. PAMs en el Perú.....	33
2.2.13. Metales Pesados:	34
2.2.14. Mecanismos contra el estrés por metales pesados	37
2.2.14.2. Acumulación de Osmóticos:	38
2.2.15. Metales en Plantas y Fitotoxicidad:.....	43
2.2.16. Respuestas de Plantas a la Toxicidad por Metales Pesados	44
2.3. Hipótesis	47
CAPÍTULO 3. METODOLOGÍA	48
2.1. Operacionalización de variables	48
2.2. Diseño de investigación	48
2.3. Unidad de estudio	48
2.4. Población	48
2.5. Muestra.....	48
2.6. Técnicas, instrumentos y procedimientos de recolección de datos	48
2.6.1. De recolección de información.....	48
2.6.2. De análisis de información.....	49
2.6.3. Procedimiento de análisis de suelo y flora	50
2.7. Métodos, instrumentos y procedimientos de análisis de datos	51
2.7.1. Materiales.....	51
2.7.2. Equipos	51
CAPÍTULO 4. RESULTADOS.....	52
4.1. Resultados Fisicoquímicos de Planta Control.	52
4.2. Resultados Fisicoquímicos de Planta en Relavera.....	53
4.3. Resultados Fisicoquímicos del Suelo en Relavera.....	54
4.4. Clasificación taxonómica de las plantas	55
4.5. Metales en las plantas control.....	56
4.5.1. Metales en el Carrizo.....	56
4.5.2. Metales en Trixis A	57
4.5.3. Metales en Trixis B	58
4.5.4. Metales en el Espino	59

4.5.5. Metales en Palo Santo.....	60
4.6. Metales en las plantas del relave	61
4.6.1. Metal en el Carrizo	61
4.6.2. Metales en Trixis A.....	62
4.6.3. Metal en Trixis B.....	63
4.6.4. Metales en el Espino	64
4.6.5. Metales en Palo Santo.....	65
4.7. Comparación de la cantidad de metal en las plantas	67
4.7.1. Aluminio en las plantas.....	67
4.7.2. Arsénico en las plantas.....	68
4.7.3. Cobalto en las plantas	69
4.7.4. Cromo en las plantas.....	70
4.7.5. Cobre en las plantas.....	71
4.7.6. Hierro en las Plantas	72
4.7.7. Potasio en las plantas.....	73
4.7.8. Litio en las plantas.....	74
4.7.9. Magnesio en las plantas	75
4.7.10. Manganeseo en las plantas.....	76
4.7.11. Molibdeno en las plantas	77
4.7.12. Sodio en las plantas	78
4.7.13. Niquel en las plantas	79
4.7.14. Plomo en las plantas	80
4.7.15. Estroncio en las plantas.....	81
4.7.16. Titanio en las plantas.....	82
4.7.17. Zinc en las plantas.....	83
4.8. Metales en el suelo	84
4.8.1. Metales en el Suelo 1 Relave	84
4.8.2. Metales en el Suelo 2 Relave	86
4.8.3. Metal en suelo 3 Relave	88
4.8.4. Metales en el suelo 4 Relave.....	90
4.8.5. Metales en el suelo 5 Control	92
4.9. Comparación de la cantidad de metal en el suelo	94
4.9.1. Aluminio en el Suelo	94
4.9.2. Arsénico en el suelo	94
4.9.3. Cobalto en el suelo 4.....	95

4.9.4. Cromo en el suelo	96
4.9.5. Cobre en el suelo	96
4.9.6. Hierro en el suelo	97
4.9.7. Litio en el suelo.....	98
4.9.8. Magnesio en el suelo.....	98
4.9.9. Manganeso en el suelo.....	99
4.9.10. Niquel en el suelo	100
4.9.11. Plomo en el suelo	100
4.9.12. Estroncio en el suelo	101
4.9.13. Titanio en el suelo	102
4.9.14. Zinc en el suelo	102
4.10. Comparación de Metales Pesados con el Estándar de Calidad Ambiental de Suelos	103
4.10.1. Comparación del Bario con el ECA.....	103
4.10.2. Comparación del Arsénico con el ECA	104
4.10.3. Comparación del Cadmio con el ECA.....	104
4.10.4. Comparación del Cromo con el ECA	105
4.10.5. Comparación del Plomo con el ECA.....	105
4.11. Relación de la concentración de metales en Suelo y Planta	106
4.11.1 Suelo 1 Relave – Plantas 1 Relave.....	106
4.11.2. Suelo 2 Relave – Planta 2 Relave	107
4.11.3. Suelo 3 Relave – Planta 3 Relave	108
4.11.4. Suelo 4 Relave – Planta 4 Relave	109
CAPÍTULO 5. DISCUSIÓN	115
5.1. Conclusiones	123
5.2. Recomendaciones	124
5.3. Referencias	125
ANEXOS.....	129

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Servicios ambientales que presta el recurso suelo.....	22
Tabla 2 Grupos de metales y metaloides según biodisponibilidad y riesgo para la cadena alimentaria.	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 3 Determinación de los puntos de muestreo	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 4 Resultados en el Laboratorio Regional del Agua – Cajamarca.....	52
Tabla 5 Resultados en el Laboratorio Regional del Agua – Cajamarca.....	53
Tabla 6 Datos analizados en el Laboratorio Regional del Agua – Cajamarca	54
Tabla 7 Clasificación taxonómica de las plantas	55
Tabla 8 Concentración de metales en el Carrizo Control	56
Tabla 9 Concentración de metales en Trixis A Control.....	57
Tabla 10 Concentración de metales en Trixis B Control.....	58
Tabla 11 Concentración de metales en el Espino Control.....	59
Tabla 12 Concentración de metales en Palo Santo Control	60
Tabla 13 Concentración de metales en el Carrizo Relave.....	61
Tabla 14 Concentración de metales en Trixis A Relave	62
Tabla 15 Concentración de metales en Trixis B Relave	63
Tabla 16 Concentración de metales en el Espino Relave	64
Tabla 17 Concentración de metales en Palo Santo Relave	65
Tabla 18 Concentración de Aluminio en las plantas.....	67
Tabla 19 Concentración de Arsénico en las plantas	68
Tabla 20 Concentración de Cobalto en las plantas	69
Tabla 21 Concentración de Cromo en las plantas.....	70
Tabla 22 Concentración de Cobre en las plantas.....	71
Tabla 23 Concentración de Hierro en las plantas.....	72
Tabla 24 Concentración de Potasio en las plantas	73
Tabla 25 Concentración de Litio en las plantas.....	74
Tabla 26 Concentración de Magnesio en las plantas	75
Tabla 27 Concentración de Manganeseo en las plantas.....	76
Tabla 28 Concentración de Molibdeno en las plantas	77
Tabla 29 Concentración de Sodio en las plantas	78
Tabla 30 Concentración Niquel de en las plantas	79
Tabla 31 Concentración de Plomo en las plantas	80
Tabla 32 Concentración de Estroncio en las plantas	81
Tabla 33 Concentración de Titanio en las plantas.....	82

Tabla 34 Concentración de Zinc en las plantas.....	83
Tabla 35 Concentración de Metales en el Suelo1 Relave	84
Tabla 36 Concentración de Metales en el Suelo 2 Relave	86
Tabla 37 Concentración de Metales en el Suelo 3 Relave	88
Tabla 38 Concentración de Metales en el Suelo 4 Relave	90
Tabla 39 Concentración de Metales en el Suelo 5 Control.....	92
Tabla 40 Concentración de Aluminio en los Suelos	94
Tabla 41 Concentración de Arsénico en los Suelos	94
Tabla 42 Concentración de Cobalto en los Suelos.....	95
Tabla 43 Concentración de Cromo en los Suelos	96
Tabla 44 Concentración de Cobre en los Suelos	96
Tabla 45 Concentración de Hierro en los Suelos	97
Tabla 46 Concentración de Litio en los Suelos	98
Tabla 47 Concentración de Magnesio en los Suelos	98
Tabla 48 Concentración de Manganeso en los Suelos	99
Tabla 49 Concentración de Niquel en los Suelos.....	100
Tabla 50 Concentración de Plomo en los Suelos.....	100
Tabla 51 Concentración de Estroncio en los Suelos	101
Tabla 52 Concentración de Titanio en los Suelos	102
Tabla 53 Concentración de Zinc en los Suelos	102
Tabla 54 Concentración de Bario en los Suelos comparado con el ECA	103
Tabla 55 Concentración de Arsénico en los Suelos comparado con el ECA.....	104
Tabla 56 Concentración de Cadmio en los Suelos comparado con el ECA	104
Tabla 57 Concentración de Cromo en los Suelos comparado con el ECA.....	105
Tabla 58 Concentración de Cadmio en los Suelos comparado con el ECA	105
Tabla 59 Concentración de metales en Relave, Suelo 1 - Planta 1.....	106
Tabla 60 Concentración de metales en Relave Suelo 2 - Planta 2.....	107
Tabla 61 Concentración de metales en Relave, Suelo 3 - Planta 3.....	108
Tabla 62 Concentración de metales en Relave, Suelo 4 - Planta 4.....	109

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1 Concentración de metales en el Carrizo Control.....	56
Gráfico 2 Concentración de metales en Trixis A Control	57
Gráfico 3 Concentración de metales en Trixis B Control	58
Gráfico 4 Concentración de metales en el Espino Control	59
Gráfico 5 Concentración de metales en Palo Santo Control.....	60
Gráfico 6 Concentración de metales en el Carrizo Relave	61
Gráfico 7 Concentración de metales en Trixis A Relave	62
Gráfico 8 Concentración de metales en Trixis B Relave	63
Gráfico 9 Concentración de metales en el Espino Relave.....	64
Gráfico 10 Concentración de metales en Palo Santo Relave.....	65
Gráfico 11 Concentración de Aluminio en las plantas	67
Gráfico 12 Concentración de Arsénico en las plantas.....	68
Gráfico 13 Concentración de Cobalto en las plantas	69
Gráfico 14 Concentración de Cromo en las plantas	70
Gráfico 15 Concentración de Cobre en las plantas	71
Gráfico 16 Concentración de Hierro en las plantas	72
Gráfico 17 Concentración de Potasio en las plantas.....	73
Gráfico 18 Concentración de Litio en las plantas	74
Gráfico 19 Concentración de Magnesio en las plantas	75
Gráfico 20 Concentración de Manganeseo en las plantas	76
Gráfico 21 Concentración de Molibdeno en las plantas	77
Gráfico 22 Concentración de Sodio en las plantas.....	78
Gráfico 23 Concentración de Níquel en las plantas.....	79
Gráfico 24 Concentración de Plomo en las planta	80
Gráfico 25 Concentración de Estroncio en las plantas.....	81
Gráfico 26 Concentración de Titanio en las plantas	82
Gráfico 27 Concentración de Zinc en las plantas	83
Gráfico 28 Concentración de Metales en el Suelo 1 Relave.....	85
Gráfico 29 Concentración de Metales en el Suelo 2 Relave.....	87
Gráfico 30 Concentración de Metales en el Suelo 3 Relave.....	89
Gráfico 31 Concentración de Metales en el Suelo 4 Relave.....	91
Gráfico 32 Concentración de Metales en el Suelo 5 Control	93
Gráfico 33 Concentración de Aluminio en los Suelos.....	94
Gráfico 34 Concentración de Arsénico en los Suelos.....	95

Gráfico 35 Concentración de Cobalto en los Suelos	95
Gráfico 36 Concentración de Cromo en los Suelos.....	96
Gráfico 37 Concentración de Cobre en los Suelos.....	97
Gráfico 38 Concentración de Aluminio en los Suelos.....	97
Gráfico 39 Concentración de Litio en los Suelos.....	98
Gráfico 40 Concentración de Magnesio en los Suelos.....	99
Gráfico 41 Concentración de Manganeseo en los Suelos.....	99
Gráfico 42 Concentración de Niquel en los Suelos	100
Gráfico 43 Concentración de Plomo en los Suelos	101
Gráfico 44 Concentración de Estroncio Aluminio en los Suelos	101
Gráfico 45 Concentración de Titanio en los Suelos.....	102
Gráfico 46 Concentración de Zinc en los Suelos.....	103
Gráfico 47 Concentración de Bario en los Suelos comparado con el ECA.....	103
Gráfico 48 Concentración de Arsénico en los Suelos comparado con el ECA	104
Gráfico 49 Concentración de Cadmio en los Suelos comparado con el ECA.....	104
Gráfico 50 Concentración de Cromo en los Suelos comparado con el ECA	105
Gráfico 51 Concentración de Cromo en los Suelos comparado con el ECA	105
Gráfico 52 Concentración de metales en Relave, Suelo 1 - Planta 1	106
Gráfico 53 Concentración de metales en Relave Suelo 2 - Planta 2	107
Gráfico 54 Concentración de metales en Relave, Suelo 3 - Planta 3	108
Gráfico 55 Concentración de metales en Relave, Suelo 4 - Planta 4	109

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Esquema general de las fracciones que componen un suelo.....	23
Figura 2 Perfil general de un suelo. El espesor, presencia y composición de los horizontes varía en función al tipo de suelo y las condiciones climáticas.	25
Figura 3 Puntos de muestreo de Suelo en la relavera de la Ex mina Paredones	130
Figura 4 Puntos de muestreo de plantas en la relavera de la Ex mina Paredones....	131
Figura 5 Puntos de muestreo de plantas control en la relavera de la Ex mina Paredones	132

RESUMEN

La presente tesis tiene como objetivo el estudio de las concentraciones de metales pesados en el suelo y flora presentes en el pasivo ambiental minero “Paredones” ubicado en el Distrito de San Bernardino, provincia de San Pablo, departamento de Cajamarca. Esta mina contiene zonas de desmonte y relavera de material que continúa generando drenajes ácidos y por ende altas concentraciones de metales pesados.

El estudio se ha enfocado principalmente en determinar las concentraciones de metales pesados en suelo, la relación que tiene con los metales presentes en las plantas y del mismo modo evaluar si la concentración de metales excede el Estándar de Calidad Ambiental para el uso comercial, industrial y extractivo.

El muestreo se basó en la recopilación de 1 kilogramo de suelo en cinco puntos, cuatro de ellos en la zona de la relavera y el último en una zona sin impacto para ser tomado como control. Con respecto a la flora, se recopilaron 4 especies *Phragmite australis* (carrizo), *Trixis cacialioides* (herbazal), *Acacia Macracantha* (espina) y *Bursera graveolens* (palo santo) las cuales fueron tomadas en los puntos de muestreo de suelo, tanto en el de la relavera y del control.

El contaminante con mayor presencia en las plantas es el Magnesio (Mg) con una concentración de 2997 mg/kg y la especie que más metales ha retenido es *Trixis cacialioides* (A)* tanto en Relave como en el Control. El metal con mayor presencia en los suelos es el Hierro llegando a tener una concentración de 65020 mg/kg en la muestra de suelo 2 relave, la cual también es la que mayor concentración de metales ha tenido. Por otro lado, los metales pesados muestran una relación tal que las plantas (*Phragmites australis*, *Trixis cacialioides*, *Acacia macracantha*, *Brusera graveolens*) presentan una cantidad de contaminantes similar a las concentraciones que tiene el suelo. Es decir, si la cantidad de metales en el suelo es elevada, en la planta también será elevada o viceversa.

Con esta investigación se pueden determinar las especies super-acumuladoras de metales que pueden servir para el tratamiento biológico de drenajes de mina, siendo esta una alternativa económica para el tratamiento de aguas de uso minero.

ABSTRACT

The objective of this thesis is to study the concentrations of heavy metals in the soil and flora present in the mining environmental liability "Paredones" located in the District of San Bernardino, province of San Pablo, department of Cajamarca. This mine contains areas of dismantling and relavera of material that continues generating acid drainages and therefore high concentrations of heavy metals.

The study has focused mainly on determining the concentrations of heavy metals in soil, the relationship it has with the metals present in the plants and, in the same way, to evaluate if the concentration of metals exceeds the Environmental Quality Standard for commercial, industrial and extractive.

The sampling was based on the collection of 1 kg of soil in five points, four of them in the area of the relavera and the last one in an area without impact to be taken as control. With respect to the flora, 4 species (*Phragmites australis*, *Trixis cacaoides*, *Acacia macracantha* and *Bursera graveolens*) were collected, which were taken at the soil sampling points, both in the tailings and control.

The contaminant with the greatest presence in plants is Magnesium with a concentration of 2997 mg / kg and the species that has the most metals retained is *Trixis cacaoides* (A) in both Relave and Control. The metal with the greatest presence in the soils is El Hierro, reaching a concentration of 65020 mg / kg in the sample of soil 2 tailing, which is also the one with the highest concentration of metals. On the other hand, heavy metals show a relationship such that plants have a similar amount of pollutants to the concentrations that the soil has. That is, if the amount of metals in the soil is high, in the plant it will also be high or vice versa.

With this research it is possible to determine the super accumulators of metals that can be used for the biological treatment of mine drainages, this being an economical alternative for the treatment of wastewater.

NOTA DE ACCESO

No se puede acceder al texto completo pues contiene datos confidenciales

5.3. Referencias

- Alba-Tercedor, J. (1996). *Macroinvertebrados acuáticos y calidad de las aguas de los ríos*. Almería.
- Allan, J. (1995). *Sream ecology: structure and function of running waters*. Gran Bretaña: Chapman y Hall.
- Ariza, C. (2016). Determinación de la Calidad de Agua a través de la identificación de Macroinvertebrados Acuáticos en la microcuenca arroyo La Quebrada. *Scientific International Journal*.
- Armas Ramirez, C. E., & Armas Romero, C. E. (2001). Tecnología Ambiental en nuestro hogar la nave sideral Tierra. Trujillo: APLI GRAF S.R.L.
- Auge, M. (2007). Agua Fuente de Vida. La Plata, Argentina.
- Bartram, J., & Balance, R. (1996). *ater Quality Monitoring: A Practical Guide to the Design of Freshwater Quality Studies and Monitoring Programme*. Londres: UNDP & WHO Chapman & Hall.
- Bermúdez, M. (01 de 01 de 2010). Contaminación y Turismo sostenible.
- Cairns, J., & Pratt, J. (1993). *A history of biological monitoring using benthic macroinvertebrates*. New York: Chapman and Hall.
- Capó, M. (2007). Principios de Ecotoxicología. En M. Capó, *Principios de Ecotoxicología*. Madrid: Tébar.
- Carbajal, Á., & Gonzáles, M. (2012). Propiedades y Funciones Biológicas del Agua. Universidad Complutense de Madrid. Pg. 63. España.
- Cardona, C. (2003). *Calidad de Agua*.
- Castellón, R. (2013). Evaluación Rápida De La Calidad Del Agua Utilizando Macroinvertebrados Acuáticos durante La Temporada Lluviosa en la microcuenca "El Chimbo". Tegucigalpa, Honduras.
- Chapman, D. (1996). Water Quality Assessments - Second Edition. En D. Chapman, *Water Quality Assessments - Second Edition* (pág. 609). Cambridge.
- DIGESA. (2007). *Río Chonta y tributarios*. Cajamarca.
- Escobar, L. (2007). *Indicadores de Calidad Ambiental; un análisis de precios hedónicos*. Santiago de Chile.
- Esteves, F. (1998). *Fundamentos de limnología (2a ed.)*. Río de Janeiro: Interciencia Ltda.
- FAO. (1992). Manual de campo para la ordenación de Cuencas Hidrográficas. FAO.
- FAO. (2017). *Organización de las Naciones Unidas para la alimentación y la agricultura*. Obtenido de <http://www.fao.org/soils-portal/about/definiciones/es/>

- FAO. (2017). *Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura*. Obtenido de <http://www.fao.org/soils-portal/about/definiciones/es/>
- García, D., & Gonzáles, T. (1986). *Métodos Biológicos para el estudio de la calidad del agua: aplicación a la cuenca del Duero*. Madrid: Ministerio de Agricultura Pesca y Alimentación.
- Gil, J. (2014a). *Determinación de la Calidad de Agua en la cuenca del Río Garagoa*. Manizales.
- Gil, J. (2014b). *Determinación de la Calidad de Agua en la cuenca del Río Garagoa*. Garagoa.
- Goitía, C. (2010). *Limnología*. Falcón.
- Gutiérrez, J., Riss, W., & Ospina, R. (2004). Bioindicación de la calidad del agua con macroinvertebrados acuáticos en la sabana de Bogotá, utilizando Redes Neuronales Artificiales. *Limnología*.
- Instituto de Promoción para la Gestión del Agua (IPROGA). (1996). *Metodología para la elaboración de planes maestros de cuencas*. Lima: CEPES.
- Jaramillo, D. (2001). Introducción a la ciencia del suelo. En D. Jaramillo, *Introducción a la ciencia del suelo* (pág. 590). Medellín: Escuela de Geociencias, Universidad Nacional de Colombia.
- Ladrera, R. (2012). *Los macroinvertebrados acuáticos como indicadores del estado ecológico de los ríos*.
- Margalef, R. (1983). *Limnología*. Barcelona: Omega.
- Miller, T. (1994). Ecología y medio ambiente. En T. Miller, *Ecología y medio ambiente* (pág. 867). México: Grupo Editorial Iberoamérica.
- MINAM. (30 de Diciembre de 2015). *Ministerio del Ambiente*. Obtenido de <http://www.minam.gob.pe/notas-de-prensa/lima-30-de-diciembre-de-2015-mediante-decreto-supremo-no-015-2015-minam-publicado-el-19-de-diciembre-de-2015-en-el-diario-oficial-el-peruano-el-ministerio-del-ambiente-minam-en-coordinacion/>
- MINAM. (30 de Diciembre de 2015b). *Ministerio del Ambiente*. Obtenido de <http://www.minam.gob.pe/notas-de-prensa/lima-30-de-diciembre-de-2015-mediante-decreto-supremo-no-015-2015-minam-publicado-el-19-de-diciembre-de-2015-en-el-diario-oficial-el-peruano-el-ministerio-del-ambiente-minam-en-coordinacion/>
- MINAM. (30 de Diciembre de 2015c). *Ministerio del Ambiente*. Obtenido de <http://www.minam.gob.pe/notas-de-prensa/lima-30-de-diciembre-de-2015-mediante-decreto-supremo-no-015-2015-minam-publicado-el-19-de-diciembre-de-2015-en-el-diario-oficial-el-peruano-el-ministerio-del-ambiente-minam-en-coordinacion/>

de-2015-en-el-diario-oficial-el-peruano-el-ministerio-del-ambiente-minam-en-
coordinacion/

Monroy, R. (2011a). *Aguas con el Agua*.

Monroy, R. (2011b). *Aguas con el Agua*.

Monroy, R. (2011c). *Aguas con el Agua*.

Municipio de Carmona. (2008). Memoria del diagnóstico medioambiental de la agenda
21 local en el Municipio de Carmona (Sevilla). Sevilla, España.

Muqui, R. (Octubre de 2015). Los Pasivos Ambientales Mineros: Diagnóstico y
propuestas. Perú.

OMS. (2017). *Organización Mundial de la Salud*. Obtenido de
<http://www.who.int/topics/water/es/>

Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO).
(1992). *Calidad de Agua*.

Perú, F. N. (2017). *Fondo Nacional del Ambiente - Perú*. Obtenido de
http://fonamperu.org/web/?page_id=4296

Polanía, J. (2010). Indicadores Biológicos para el monitoreo de puertos en Colombia.
Revista Gestión y Ambiente, 12.

Postel, S. (1996). Forging a Sustainable Water Strategy: State of the World Report.

Pozo, J., & Elozegi, A. (2009). *Conceptos y técnicas en ecología fluvial*. Girona:
Fundación BBVA.

Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD). (2009). *Informe sobre
Desarrollo Humano Perú 2009*.

Ramírez Camacho, J. (2009). *Universidad Tecnológica Equinoccial*. Obtenido de
[http://app.ute.edu.ec/content/3248-302-20-1-6-21/31865833-La-Contaminacion-
Del-Suelo.pdf](http://app.ute.edu.ec/content/3248-302-20-1-6-21/31865833-La-Contaminacion-Del-Suelo.pdf)

Resolución Jefatural 202, Resolución Jefatural N°202 (Autoridad Nacional del Agua 22
de Marzo de 2010).

Roldan, G. (1988). *Guía para el estudio de los macroinvertebrados acuáticos del
Departamento de Antioquia*. Antioquia: Universidad de Antioquia.

Roldán, G. (2003). *Bioindicación de la calidad del agua en Colombia*. Antioquia:
Universidad de Antioquia.

Roldán, G. (2003b). *Bioindicación de la calidad del agua en Colombia*. Antioquia:
Universidad de Antioquia.

Roldán, G. (2003c). *Bioindicación de la calidad del agua en Colombia*. Antioquia:
Universidad de Antioquia.

Roldán, G. (2003e). *Bioindicación de la calidad del agua en Colombia*. Antioquia:
Universidad de Antioquia.

- Roldán, G. (2003f). *Bioindicación de la calidad del agua en Colombia*. Antioquia: Universidad de Antioquia.
- Roldán, G. (2013d). *Bioindicación de la calidad del agua en Colombia*. Antioquia: Universidad de Antioquia.
- Roldán, G., Bohórquez, A., Castaño, R., & Ardilla, J. (2001). Estudio Limnológico del embalse del Guavio. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas y Naturales*.
- Roldán, J. (1992). *Fundamentos de limnología tropical*. Medellín: Universidad de Medellín.
- Rosenberg, D., & Resh, V. (1993). *Freshwater biomonitoring and benthic macroinvertebrates*. Chapman Hall Publ.
- Semestre Económico. (2009). ANÁLISIS DE LA CONTAMINACIÓN DEL SUELO: REVISIÓN DE LA NORMATIVA Y POSIBILIDADES DE LA REGULACIÓN ECONÓMICA. Medellín, Colombia.
- Sengini, S. (2003). *EL USO DE LOS MACROINVERTEBRADOS BENTÓNICOS COMO INDICADORES DE LA CONDICIÓN ECOLÓGICA DE LOS CUERPOS DE AGUA CORRIENTE*. Mérida: Sociedad Venezolana de Ecología.
- Sociedad Nacional de Minería, P. y. (2004). Artículo semanal de la snmp.
- Sociedad Nacional de Minería, Petróleo y Energía. (2012). *Los estándares de calidad ambiental y los límites máximos permisibles*. Lima: SNMPE.
- Sposito, G. (1989). The Chemistry of Soils. En G. Sposito, *The Chemistry of Soils*. (pág. 277). Oxford University.
- Tania Volke Sepúlveda, J. A. (2005). Suelos contaminados por metales y metaloides: Muestreo y alternativas para su remediación. Instituto Nacional de Ecología de México.
- Tercedor, A. (1996). *Determinación de Calidad de Agua*. Universidad Nacional Agraria. (2002a). *Manejo de Cuencas Hidrográficas y Protección de fuentes de Agua*. Estelí: UNA.
- Universidad Nacional Agraria. (2002b). *Manejo de Cuencas Hidrográficas y Protección de fuentes de Agua*. Estelí: UNA.
- Van Deuren, J. T. (2002). En *Remediation Technologies Screening Matriz and Reference Guide, 4th Edition*.
- Water And Rivers Comission. (2001). *Water Facts*.